

陕北能源化工基地潜水易污性评价

贺帅军¹, 李云锋², 张茂省¹, 党学亚¹, 李小等¹

HE Shuai-jun¹, LI Yun-feng², ZHANG Mao-sheng¹, DANG Xue-ya¹, LI Xiao-deng¹

1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

2. 长安大学, 陕西 西安 710064

1. *Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

2. *Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China*

摘要:随着陕北能源化工基地的建设和发展,地下水污染问题日益突出。为了预防基地地下水的污染,保护水资源,依据陕北能源化工基地地下水勘查、地下水污染调查、野外包气带原位污水垂直入渗、水平运移试验等基础资料,选取潜水位埋深(D)、降雨入渗补给量(R)、含水层岩性(A)、土壤类型(S)、地形坡度(T)、包气带介质(I)和含水层渗透系数(C)7个指标,运用DRASTIC指标叠加法,建立了陕北能源化工基地潜水易污性评价指标体系,对陕北能源化工基地潜水进行了易污性评价。依据评价结果,将研究区潜水区划分为易污性高、中、低3个区,并针对3个区提出了相应的防污建议。

关键词:潜水;易污性;DRASTIC;评价;陕北能源化工基地

中图分类号:P641.132

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2008)08-1186-06

He S J, Li Y F, Zhang M S, Dang X Y, Li X D. Vulnerability assessments of phreatic water in the Northern Shaanxi Energy and Chemical Base, China. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(8):1186-1191

Abstract: The pollution problem of phreatic water has become increasingly prominent with the construction and development of the Northern Shaanxi Energy and Chemical Base (NSECBC). In order to prevent groundwater pollution and protect water resources, on the basis of the basic data of groundwater survey, groundwater pollution investigation and tests on in-situ sewage vertical infiltration and horizontal movement in the zone of aeration in the study area, the authors selected the depth of the phreatic water level (D), precipitation recharge (R), aquifer lithology (A), soil types (S), topographic slope (T), impact of zone of aeration (I) and permeability coefficient (hydraulic conductivity) of aquifer (C) as proxies and used the DRASTIC index system to establish the phreatic water vulnerability assessment system and evaluate the vulnerability of phreatic water in the study area. Finally, according to the evaluation results, the study area is divided into the high, middle and low vulnerable districts and corresponding measures and suggestions for pollution prevention in the three districts are put forward.

Key words: phreatic water; vulnerability; DRASTIC; evaluation; Northern Shaanxi Energy and Chemical Base

本文所指的陕北能源化工基地主要是北纬38°以北的榆林能源化工基地。区内矿产资源储量大,品质优,组合配置条件好,开发利用前景优越,是中国新兴的能源化工基地和21世纪重要的能源接续地。然而,随着矿产开发和基础设施建设步伐的加快,区域经济

社会得到迅速发展,矿区和城镇迅猛扩大,地下水污染问题日益突出,使本就短缺的水资源更加短缺。由于地下水污染的复杂性、难以恢复性及其高昂的治理成本,人们越来越清醒地认识到科学评价并保护地下水资源的重要性,解决其最好的途径就是预防污染。

收稿日期:2008-06-02;修订日期:2008-06-20

地质项目:中国地质调查局项目《陕北能源化工基地地下水勘查》(编号:1212010331302)和《陕北能源化工基地水资源开发利用对策研究》(编号:2005kr66)资助。

作者简介:贺帅军(1982-),女,助理工程师,从事水工环地质调查研究工作。E-mail: mybestfbb@yahoo.com.cn

地下水污染除了受地表污染物的类型、浓度等人类活动因素的影响外,还受气候、地形、地势、土壤类型、水文地质条件等的影响^[1-2]。基于影响地下水污染的各种因素,近年来,地下水易污性评价被广泛应用于地下水污染问题。地下水的易污性由法国水文地质学家Marjet于1960年首次提出,是20世纪80年代末以来一些国际会议的主题。国际水文地质学家协会(IAH)地下水保护委员会于1987年启动了关于地下水易污性评价与编图的项目。在国际水文计划(IHP)的第四阶段(1990—1995年),联合国教科文组织(UNESCO)启动了关于地下水资源与易污性编图方法指南的项目。1990年2月美国水科学与技术理事会(WSTB)成立了地下水易污性评价技术委员会。英国、前苏联、德国、捷克、意大利、瑞典、荷兰等国都开展了这方面的研究编图工作。地下水易污性评价是目前中国开展的地下水风险评价中很重要的一个环节,例如基金项目中国-荷兰合作项目《中国地下水信息中心能力建设》。

地下水易污性定义为由含水层固有属性决定的地下水对污染的敏感程度^[3],即含水层系统对人类活动在地表产生的污染物进入地下水具有自然保护作用,由于自然保护能力的差异,一些地区地下水比起另一些地区更容易遭受污染^[4],其与地下水脆弱性、污染敏感性等含义相近,与防污性能含义相反。地下水易污性评价结果可为地下水污染防治、地下水资源的合理开发利用及管理决策提供科学的支持和依据,在社会经济活动的规划阶段,可以指出哪些地区是地下水易遭受污染的地区,在规划时予以避让^[5]。评价方法主要包括指标加权法、模型模拟法和统计法3种。指标加权法主要包括GOD法(Foster, 1987)、DRASTIC法^[6]、AVI评分系统(Van Stempvoort et al, 1993)、SEEPAGE法、ISIS法(Gogu et al, 2000)等。

本文根据DRASTIC方法原理,依据陕北能源化工基地地下水勘查、地下水污染调查和包气带污水入渗的室内外试验资料,针对陕北能源化工基地的水文地质条件,试图建立陕北能源化工基地潜水易污性评价的指标体系,探索性地开展易污性的评价与区划,以期预防污染、保护水资源提供依据。

1 DRASTIC指标评价方法及评价因子

1.1 DRASTIC评价方法

DRASTIC方法是由美国水井协会(NWWA)和

美国环境保护局(USEPA)于1987年合作开发的用于地下水易污性评价的一种方法^[7]。它综合了40多位水文地质学专家的经验,之后不少水文地质学家对该系统进行了补充和完善,可以适应各种不同的水文地质条件。该方法在美国获得了成功,并被加拿大、南非、欧共体采用,已成为欧共体各国家的统一标准。1996年欧盟与中国合作,首次将DRASTIC方法用于中国。该方法是目前国内外广泛采用的地下水易污染性评价方法之一。

1.2 评价原则

DRASTIC系统是评价地下水易污性的一种数值定级方法,主要包括2部分:一是选定、划分水文地质单元并确定每个单元的水文地质背景;二是用DRASTIC定级系统进行综合分析。遵照如下的原则进行易污性分区。

(1) 易污性DRASTIC综合指数是综合7个评价因子,根据计算式计算出来的。评价因子根据研究区水文地质条件的不同进行取值,每个评价因子的取值越大,则计算出的综合指数越大(地下水越易受到污染)。

(2) 易污性分区是遵照不同的DRASTIC指标值进行的,计算的综合评价指标值相近的地段划为同一等级区,级别越高其越易受到污染,易污性分级越低,地下水防污性能越好,地下水越不易受到污染;易污性分级越高,地下水防污性能越差,地下水越易受到污染。

1.3 评价因子及评价方法

DRASTIC系统综合考虑了7个主要影响地下水污染的水文地质要素,包括地下水埋深(Depth to groundwater)、净补给(net Recharge)、含水层介质(Aquifer media)、土壤介质(Soil media)、地面坡度(Topography)、包气带介质影响(Impact of the vadose zone media)、含水层渗透系数(Hydraulic Conductivity of aquifer),用这些要素来定量地分析各单元的易污性。这些评价因子的首字母缩写即为DRASTIC。每个因素根据对地下水污染可能影响的大小,被赋予一个权重因子(1~5),权重为不可改变的定值(表1)。另外,每个因素又被细分为不同的数值范围(数值型参数,如净补给)或介质类型(非数值型参数,如土壤介质),并用指标值来量化这些数值范围和介质类型对地下水污染的可能影响,DRASTIC系统以图或表的形式给出了各个数值型参数的不同数值范围

和介质参数不同介质类型所对应的指标值^[9]。

根据陕北能源化工基地地下水勘查项目有关 DRASTIC 系统中 7 个水文地质要素的勘查成果和野外地下水污染专项调查等资料,参考标准指标值^[9]对 7 个评价因子进行取值(表 2)。

最后应用下述加权方式将 7 项指标综合为地下水易污性 DRASTIC 指标,计算式如下:

$$\text{DRASTIC}=5\text{D}+4\text{R}+3\text{A}+2\text{S}+\text{T}+5\text{I}+3\text{C}$$

DRASTIC 指标并不表示地下水污染的绝对数值,仅表示不同水文地质单元地下水的相对易污性,DRASTIC 指标值越大,则此水文地质单元相对更易被污染,即易污性越高^[9]。

应特别说明的是,权重大小决定了这个水文地质因素对含水层易污性影响的大小,有些水文地质因素越大可能在短时间内不但不造成污染,相反会扩散污染物,例如含水层渗透系数越大,则水循环越快,促进了这个含水层地下水的更新,短时间不会造

成污染,但从长远考虑,污染物积累越来越多将会造成大面积的污染,所以权重取值为中间值 3 有一定的道理,当然也有偏差。

2 地下水易污性评价

2.1 分区评价步骤

基于上述评价方法和参数取值,以 MAPGIS 为平台,研究区以地貌图(图 1)、地质图、潜水等水位线及埋深图、水文地质图、水化学图等作为基础图件,根据同一水文地质单元具有基本参数相同或相似的特性,对各水文地质单元进行赋值评分。

根据计算式理论计算 DRASTIC 值范围为 28~226,根据能源基地的实际水文地质条件情况(具体取值见表 2)计算,研究区 DRASTIC 值范围为 44~180。为了便于比较和实际应用,按照 DRASTIC 值突变点由低到高划分为 3 个级别,分级标准见表 3。在 MAPGIS 上进行潜水易污性区划,得到高易污、中等

表1 DRASTIC指标体系各评价因子及其权重值

Table 1 Various evaluation factors and their weight values in the DRASTIC index system							
评价因子	地下水水位埋深	地下水净补给量	含水层介质	土壤介质	地表坡度	包气带介质影响	含水层渗透系数
权重	5	4	3	2	1	5	3

表2 研究区各评价因子的取值

Table 2 Values taken for various evaluation factors in the study area										
地 段	地下水埋深等级 D		净 补 给 量 等 级 R		含水层介	土壤介质	地形坡度	包气带介	潜水	
	地下水埋深/m	等级 D	年降水 量/mm	入渗 系数	等级 R	质的类别 等级 A	的类别 等级 S	等级 T	质的类别 等级 I	渗透系数 等级 C
沙漠滩 地区	D≤1.5	10	按各县气象站资料 取多年平均值: 府谷 437.0 神木 407.0 榆阳 379.5	0.4	R=6	砂 A=8	砂 S=9	2%<坡度 ≤6% T=9	砂 I=8	K=0.5~15m/d C=2
	1.5<D≤3	9								
	3<D≤4.5	8								
	4.5<D≤9	7								
	D>9	5								
黄土丘 陵区	>30	1		0.05	R=1	A=6	粉砂质壤 土 S=4	坡度>18% T=1	砂土粘土 I=1	K=0.0~0.1m/d C=1
河谷区	0~1.5	10		0.3	R=6	砂和 砂砾 A=8	砂质壤土 S=6	坡度≤2% T=10	砂和砂砾 I=8	黄土河谷区 K=10~30m/d C=4
										沙漠河谷区,无 定河榆溪河 K=5~15m/d C=2

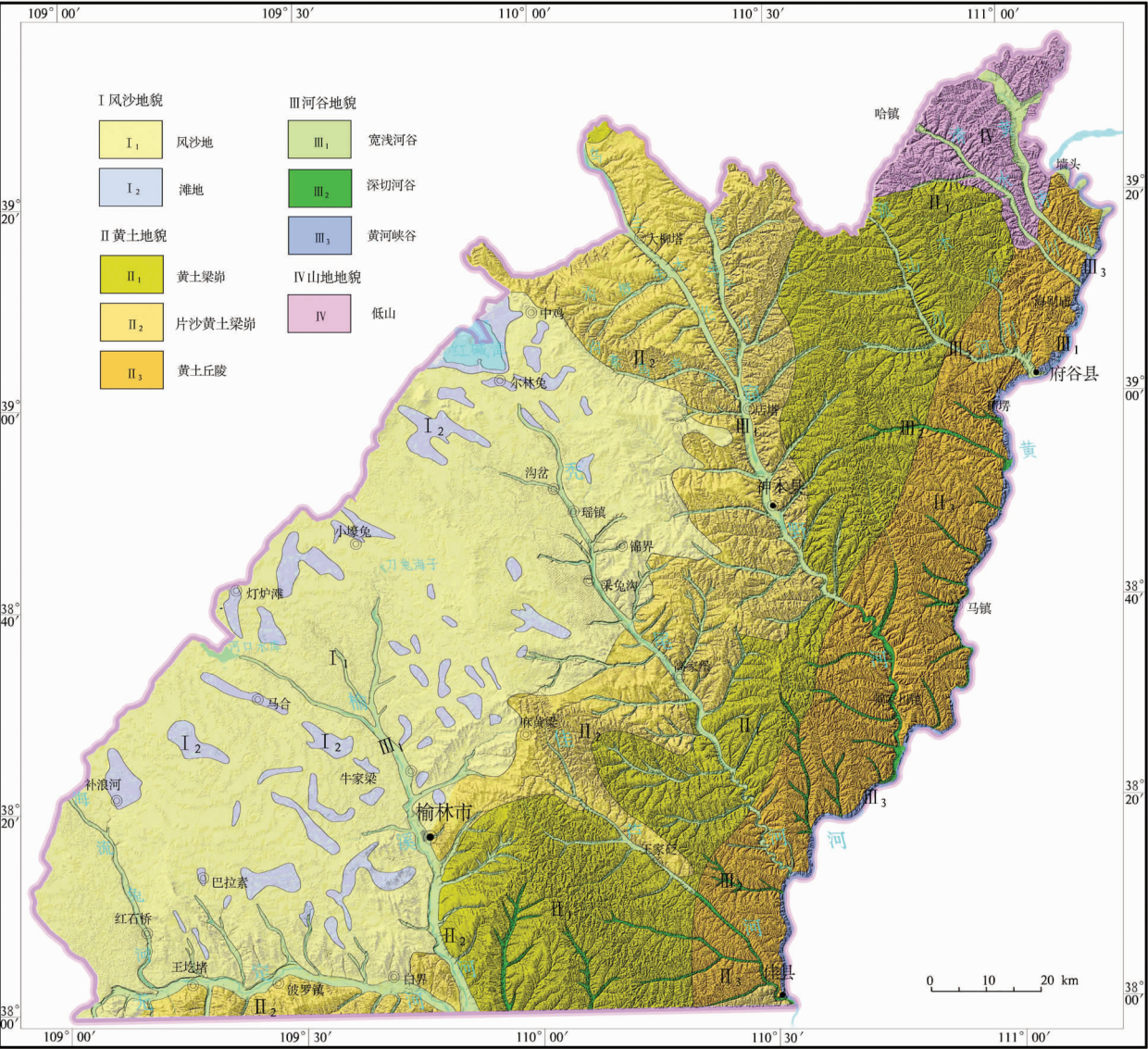


图1 陕北能源化工基地地貌图

Fig. 1 Geomorphological map of the Northern Shaanxi Energy and Chemical Base (NSECB)

易污和低易污3个级别的地区(图2)。

2.2 评价结果及分析

通过易污性评价,研究区划分为3个级别的易污性分区,分别为高易污区、中等易污区和低易污区(图2),对各个分区分析如下。

地下水高易污区:综合评价指标为171~180,主要分布在第四系河谷冲积层地区及潜水位埋深小于1.5m的风沙滩地区,面积约占研究区面积的16.18%。根据陕北能源化工基地的地下水勘查项目勘查和野外污染调查,本区地表水有较严重污染,地下水局部

表3 评价区DRASTIC易污性评价分级标准

Table 3 Standards of the DRASTIC vulnerability evaluation classification

DRASTIC 值(D)	170≤D≤226	90≤D<170	28≤D<90
易污性级别	高	中等	低

有污染情况,与评价为易污性高的评价结果一致。该区的潜水位埋深最小、包气带岩性为砂或砂砾石、厚度小、天然防护能力差、潜水含水层渗透系数大,地下水最容易被污染。

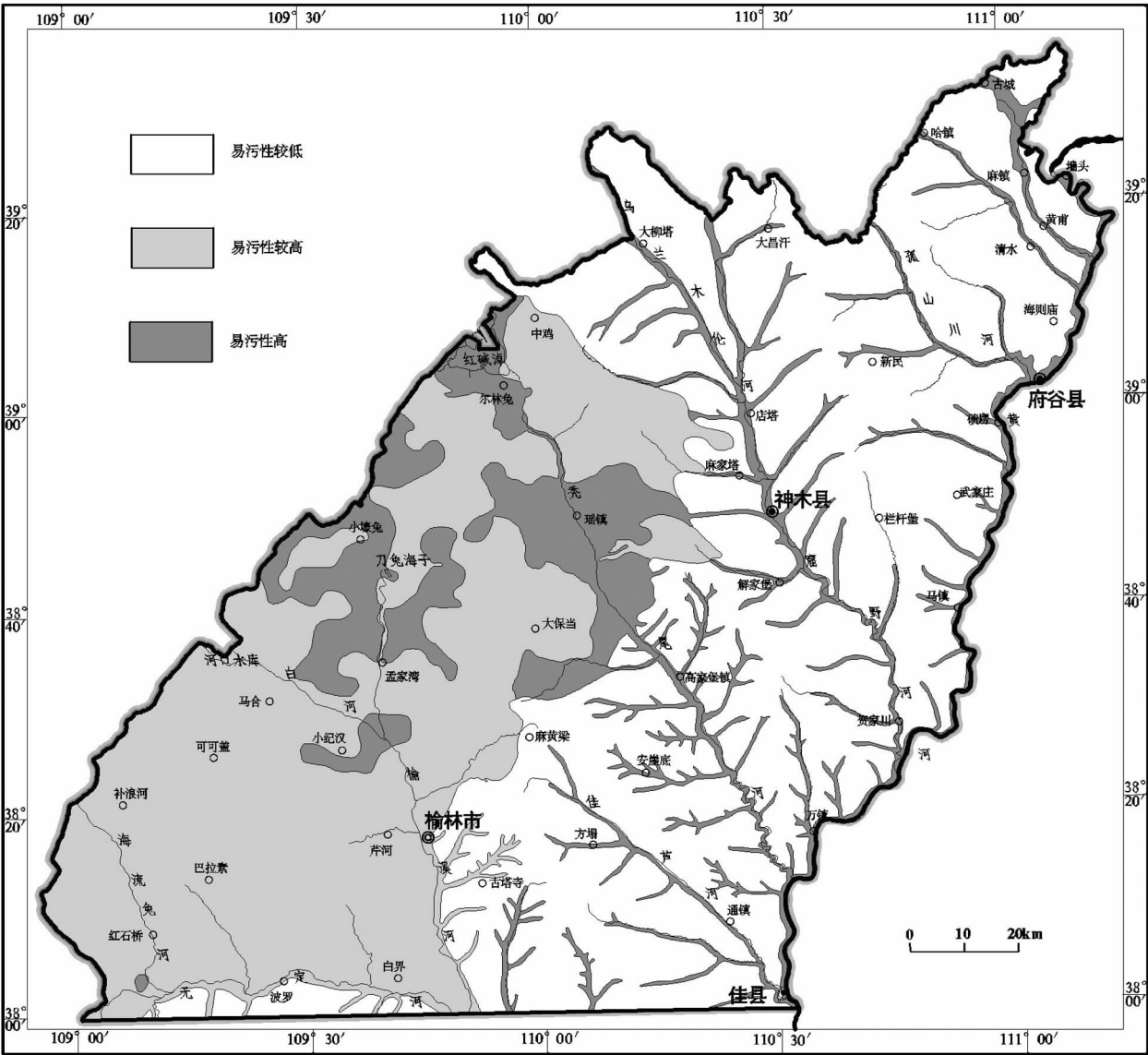


图2 陕北能源化工基地潜水易污性分区

Fig. 2 Zones of phreatic water vulnerability of NSECB

地下水中等易污区：综合评价指标为146~166，主要是含水层渗透系数较小的无定河、榆溪河河谷区及潜水位埋深大于1.5m的风沙滩地区，面积约占研究区面积的33.05%。调查结果显示，风沙滩地区地下水大部分基本无污染，只有个别潜水位埋深较小、工业企业密集的地区出现零星的污染情况，基本与评价结果一致。这与该区潜水位埋深较小、包气带岩性为砂或砂砾石、厚度较小、防护能力较差、潜水含水层渗透系数较大有关，地下水较容易被污染。

地下水低易污区：综合评价指标为44~54，主

要分布于东部黄土地区，包括黄土梁峁、片沙黄土梁峁、黄土丘陵地貌区，潜水位埋深均大于10m，相对低标准指标属于很低范围，面积约占研究区面积的50.77%。根据调查结果，东部地区除沿黄河漫滩个别地区有污染外，其他地区基本没有地下水污染情况，与评价为低易污性区的评价结果非常一致，这与该区潜水位埋深大、包气带岩性为粉土质黄土且厚度大、防护能力强、潜水含水层渗透系数小等密切相关，相对来说，该区地下水不容易被污染。

3 结 语

(1)本文采用广泛应用的DRASTIC指标法评价了陕北能源化工基地潜水的易污性,并根据陕北能源化工基地实际的水文地质条件调整分级标准,对易污性进行了3个级别的分区,分别为高易污区、中等易污区和低易污区。

(2)经过野外原位污水入渗试验检验DRASTIC评价结果得出结论,评价结果与污水入渗试验结果基本一致,但漫滩冲积相土和风积沙自净能力与易污性分区评价结果刚好相反,可能说明DRASTIC评价方法权重的取值对陕北能源化工基地有一定的偏差,需要进行适当的改正完善。完善后的易污性评价结果可为陕北榆林市预防地下水污染和保护地下水起到重要作用。

(3)从地下水污染防治的角度讲,高易污区禁止建设污染物排放量大且污染严重的工矿企业,对于已经存在的工矿企业,必须加大污染整治力度,杜绝废弃物随意排放,污染地下水资源。中易污区尽量少建设污染物排放量大、污染严重的工矿企业,同时配套建设污水处理厂及固体废物处理厂进行集中处理。低易污区防污能力强,且地下水资源相对贫乏,适宜建设工矿企业,同时可将污水处理厂和垃圾处理厂规划建设在该区,因地制宜地利用其易污性低的特点。面对快速发展的陕北能源化工基地,还应尽

快建立地下水水质监测系统,定期进行地下水污染评价,以便及时发现污染苗头,有效地遏制地下水污染。

参考文献:

- [1]付素蓉,王焰新,蔡鹤生,等.城市地下水污染敏感性分析[J].地球科学,2000,25(5):482-486.
- [2]赵昌刚.福建南部沿海地区地下水资源易污性评价[J].矿产保护与利用,2006,(4):51-54.
- [3]Lobo-Ferreira J P,Cabralm. Proposal for an operational definition of vulnerability for the European community's atlas of groundwater resources[R]. Brussels: Meeting of the European Institute for Water, Groundwater Work Group,1991.
- [4]周仰效,李文鹏.地下水水质监测与评价[J].水文地质工程地质,2008,35(1):1-11.
- [5]吴登定,谢振华,林健,等.地下水污染脆弱性评价方法[J].地质通报,2005,24(10/11):1043-1047.
- [6]Aller J,Bennet T,Lehr J H,et al.DRASTIC:a standard system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeological setting [M]. Lima,Peru: Pan American Centre for Sanitary Engineering and Environmental Sciences(CEPIS),1998:81.
- [7]Garrett P.Are the groundwater vulnerability classification system workable?[C]//Proceeding of the Focus Conference on Eastern Regional Groundwater Issues. Kitchener, Ontone Canada,1989:123-127.
- [8]姜志群,朱元胜.地下水污染敏感性评价中DRASTIC的应用[J].河海大学学报(自然科学版),2001,29(2):100-103.
- [9]钟佐桑.地下水防污性能评价方法探讨[J].地学前缘,2005,12(特刊):3-11.